

IMAGE PICKUP DEVICE

Patent number: JP2003078917
Publication date: 2003-03-14
Inventor: SUDA YASUO
Applicant: CANON KK
Classification:
- international: H04N9/04; H04N9/04; (IPC1-7): H04N9/07; H01L27/14; H04N5/335
- european: H04N9/04B
Application number: JP20010264128 20010831
Priority number(s): JP20010264128 20010831

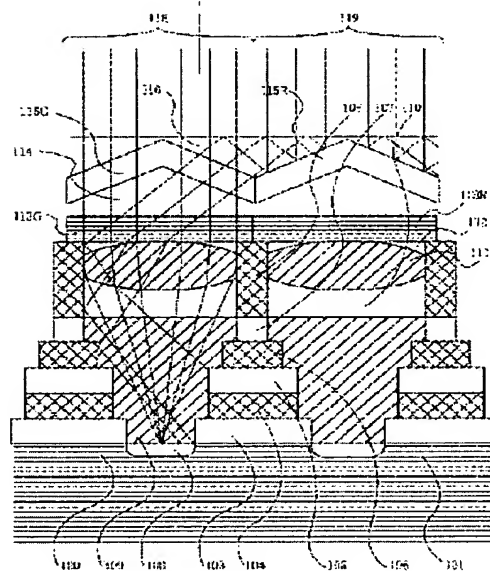
Also published as:

US2003063204 (A1)

[Report a data error here](#)

Abstract of JP2003078917

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image pickup device that can provide an image with high quality at low costs. **SOLUTION:** This invention provides the image pickup device characterized in that it has an optical adjustment area including; a plurality of photoelectric conversion areas, a first light transmission section that is placed corresponding to a first photoelectric conversion area included in a plurality of the photoelectric conversion areas and transmits light; and a second light transmission section that is placed corresponding to a second photoelectric conversion area included in a plurality of the photoelectric conversion areas and transmits light, and the optical adjustment area is configured to make part of the light made incident onto the second light transmission section incident onto the first light transmission section.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE LEFT BLANK

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-78917

(P2003-78917A)

(43) 公開日 平成15年3月14日 (2003.3.14)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 4 N 9/07

H 0 4 N 9/07

A 4 M 1.1 8

H 0 1 L 27/14

5/335

V 5 C 0 2 4

H 0 4 N 5/335

H 0 1 L 27/14

D 5 C 0 6 5

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2001-264128(P2001-264128)

(22) 出願日 平成13年8月31日 (2001.8.31)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 須田 康夫

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ
ン株式会社内

(74) 代理人 100090538

弁理士 西山 恵三 (外1名)

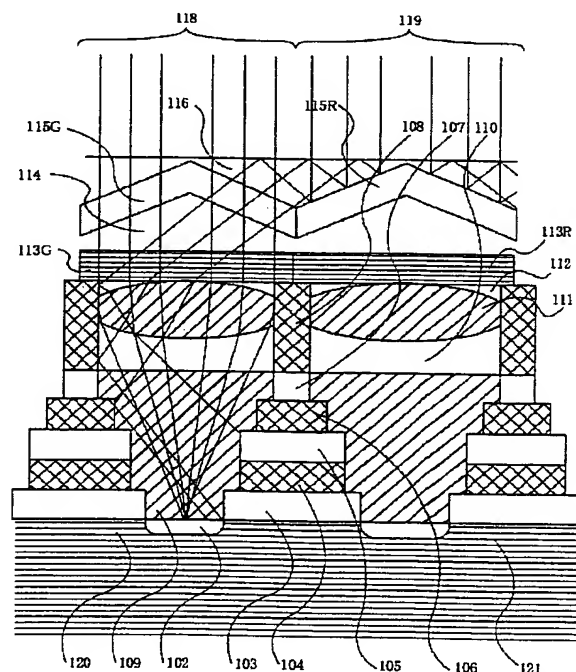
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 低価格で高品位な画像を提供することを課題とする。

【解決手段】 複数の光電変換領域と、前記複数の光電変換領域に含まれる第1の光電変換領域に対応して設けられた光を透過する第1の透過部と、前記複数の光電変換領域に含まれる第2の光電変換領域に対応して設けられた光を透過する第2の透過部とを含む光調整領域を有し、前記光調整領域は、前記第2の透過部に入射する光の一部を前記第1の透過部へ入射するように構成されていることを特徴とする撮像装置を提供する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の光電変換領域と、
前記複数の光電変換領域に含まれる第1の光電変換領域
に対応して設けられた光を透過する第1の透過部と、前
記複数の光電変換領域に含まれる第2の光電変換領域に
対応して設けられた光を透過する第2の透過部とを含む
光調整領域を有し、
前記光調整領域は、前記第2の透過部に入射する光の一
部を前記第1の透過部へ入射するように構成されている
ことを特徴とする撮像装置。

【請求項2】 請求項1に記載の撮像装置において、前
記第1の透過部は、主として第1の波長範囲の光を透過
し、前記第2の透過部は、主として前記第1の波長領域
と異なる第2の波長領域の光を透過し、前記光調整領域
は、前記第2の透過部に入射する前記第1の波長範囲の
光を前記第1の透過部へ入射するように構成されている
ことを特徴とする撮像装置。

【請求項3】 請求項1乃至2に記載の撮像装置におい
て、前記光調整領域は、反射領域を含み、前記反射領域
は、前記第1及び第2の透過部よりも被写体側に設けら
れるとともに前記被写体側へ向かう光を反射させること
を特徴とする撮像装置。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれか1項に記載の
撮像装置において、前記第2の透過部は、中央領域から
周辺領域へ傾斜を持った形状を含むことを特徴とする撮
像装置。

【請求項5】 請求項4に記載の撮像装置において、前
記第2の透過部は、四角すいの形状を含むことを特徴と
する撮像装置。

【請求項6】 請求項4に記載の撮像装置において、前
記第2の透過部は、凹型の形状を含むことを特徴とする
撮像装置。

【請求項7】 請求項1乃至6のいずれか1項に記載の
撮像装置において、前記第2の透過部は、前記第1の波
長領域の光を反射することを特徴とする撮像装置。

【請求項8】 請求項7に記載の撮像装置において、前
記第2の透過部と前記光電変換領域の間に、前記第1の
波長領域の光を吸収するとともに、前記第2の波長領域
の光を透過する第3の透過部を有することを特徴とする
撮像装置。

【請求項9】 複数の光電変換領域と、
前記複数の光電変換領域に含まれる第1の光電変換領域
に対応して設けられた主として第1の波長領域の光を透
過する第1の透過部と、
前記複数の光電変換領域に含まれる第2の光電変換領域
に対応して設けられた主として前記第1の波長領域と異
なる第2の波長領域の光を透過する第2の透過部と、
前記第1及び第2の透過部よりも被写体側に設けられる
とともに前記被写体側へ向かう光を反射させるための反
射領域とを有し、

前記第2の透過部は、前記第1の波長領域の光を反射す
るとともに、中央領域から周辺領域へ傾斜を持った構成
であることを特徴とする撮像装置。

【請求項10】 請求項1乃至9のいずれか1項に記載
の撮像装置において、前記複数の光電変換領域からの信
号をデジタル信号に変換するアナログ・デジタル変
換回路と、前記アナログ・デジタル変換回路からの信
号を処理する信号処理回路と、前記信号処理回路で処理
された信号を記憶する記憶回路とを有することを特徴と
する撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は被写体像を撮像する
撮像装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、カラー画像の形成においては、R
(赤色) G (緑色) B (青色) の原色フィルターの何れ
かを備えた画素をモザイク状に配列した単一の撮像素子
で物体像を捉え、その後の信号処理で画素数に相当する
輝度情報と色情報を作り出す撮像技術が広く用いられて
いる。多くの場合、ここで用いられる撮像素子のカラー
フィルター配列はベイヤー配列である。

【0003】色分解用のビームスプリッターを用いて物
体像を予めRGBに分離し、それぞれに撮像素子を用意
して像を捉える3板式の撮像方法に比べて、画像の品位
をそれほど落とさずに大幅なコストの削減を実現するこ
とができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述し
た従来の技術には、次のような問題点があった。

【0005】一般に良好な画像特性を得るための撮像
は、物体像を光学装置によって形成する第1のプロセ
ス、物体像の空間周波数特性の高周波成分を抑制するよ
うに調節する第2のプロセス、空間周波数特性が調節さ
れた物体像を光電変換する第3のプロセス、得られた電
気信号に対して空間周波数に応じてレスポンスを補正す
る第4のプロセスよりなる。この際、有限の画素数の撮
像素子で光学像のサンプリングを行うわけであるから、
良質な画像出力を得るためには、光学像の空間周波数特
性に撮像素子固有のナイキスト周波数以上の成分を少な
くする必要がある。ここでナイキスト周波数とは画素ピ
ッチで決まるサンプリング周波数の1/2の周波数であ
る。したがって、最適化された一連のプロセスは、サン
プリングされる光学像を撮像素子固有のナイキスト周波
数に応じた特性の光学像に調節することで、折り返し歪
みが目立たない、すなわちモワレが目立たない良質な画
像を得るものである。

【0006】画像の空間周波数伝達特性であるMTF
(Modulation Transfer Function) はデジタルスティル
カメラやビデオカメラなどの鮮鋭度に関する特性をよく

表現できる評価量である。このMTFに影響を与える具体的要素は、光学装置である結像光学系、物体像の帯域制限のための光学ローパスフィルター、撮像素子の光電変換領域の開口形状、デジタルアパーチャ補正等であり、最終の画像特性を表す全体のMTFは各要素のMTFの積として与えられる。すなわち、上記の第1のプロセスから第4のプロセスまでのMTFをそれぞれ求め、その積を計算すればよい。

【0007】ただし、第4のプロセスであるデジタルフィルター処理は、撮像素子によって既にサンプリングされた画像出力に対して行われるので、ナイキスト周波数を超える高周波について考慮する必要はない。

【0008】したがって、光学像の空間周波数特性に撮像素子固有のナイキスト周波数以上の成分を少なくする構成とは、第4のプロセスを除き、第1のプロセスのMTF、第2のプロセスのMTFおよび第3のプロセスのMTFの積においてナイキスト周波数以上の成分が小さいということである。ここで、デジタルスティルカメラのように静止画の鑑賞を前提とする場合、ナイキスト周波数を超える高周波がゼロではなく、多少残っていても、ナイキスト周波数をやや下回る周波数におけるレスポンスが高い方が、解像感のある画像となりやすいことを考慮する必要がある。

【0009】第1のプロセスである結像光学系による物体像の形成において、一般に画面の中央は周辺に比べて光学収差を補正しやすい。画面の周辺で良好な画像を得ようとする、画面の中央では結像レンズのFナンバー*

$$R_2(u) = |\cos(\pi \cdot u \cdot \omega)| \quad \dots (1)$$

$R_2(u)$: レスポンス

u : 光学像の空間周波数

ω : 物体像分離幅

複屈折版の厚さを適当に選択すれば、撮像素子のナイキスト周波数においてレスポンスをゼロとすることが可能である。回折格子を利用する場合には、回折によって光学像を所定の位置関係の複数の像に分離し重畳させることで、同様の効果を得ることが出来る。

【0014】しかしながら、複屈折板を作製するには水晶やニオブ酸リチウムなどの結晶を成長させてから薄く研磨する必要がある、極めて高価になるという問題点がある。また、回折格子にしても高度に精密な微細構造が求められるため、やはり高価であることに変わりはない。

【0015】これに対し、特開2001-078213号公報には複眼レンズを用いることで、単板式の撮像素子でありながら、画素ピッチよりも実効的な受光開口を大きくしてナイキスト周波数以上の画素のMTFを抑制する技術が開示されている。しかしながら、複眼であることに起因する物体距離依存の像シフトがあって、基準の物体距離以外では物体像のサンプリングピッチが不等間隔になってしまう、すなわちレジストレーションずれが

*で決定される回折限界MTFに近い極めて良好な特性を得る必要がある。近年、撮像素子の小ピクセル化が進んでおり、この必要性はますます高まっている。したがって、結像光学系については無収差の理想レンズと仮定してMTFを考えると良い。

【0010】また、幅dの受光開口が隙間なく敷き詰められた撮像素子においては、受光開口の幅が画素ピッチと一致するので、ナイキスト周波数 $u = 1/2d$ における第3のプロセスのレスポンス値はかなり高い。この理由から、ナイキスト周波数付近の総合MTFを下げるために第2のプロセスにおいてナイキスト周波数付近をトラップするのが一般的である。

【0011】第2のプロセスにおいては、通常、光学ローパスフィルターが用いられる。光学ローパスフィルターには水晶等の複屈折特性を有する物質を利用する。また、特開2000-066141号公報にあるような位相型の回折格子を利用しても良い。

【0012】光学装置の光路中に複屈折板を介在させ、その光学軸を結像面の水平方向と並行するように傾けて配置すると、常光線による物体像と異常光線による物体像は所定量だけ水平方向にずれて形成される。複屈折板によって特定の空間周波数をトラップするということは、その空間周波数の縞の明部と暗部とが重なるようにずらすということである。光学ローパスフィルターによるMTFは式(1)で表される。

【0013】

生じるといった問題点がある。したがって、どんな物体条件であっても所定の画像性能が得られるというわけではない。

【0016】さらには、特公平01-014749号公報(第5図)に開示されているように、画素の光電変換領域を隣接する画素との関係として入り組んだ形状とすることで、高い空間周波数に対するレスポンスを抑制する試みも為されている。しかし、画素の形状が複雑になるため、極めて微細な構造が必要であるとか、各画素が平面を分割していることから、画素に投影される物体像がその分割線に沿った、例えば、斜めの線を持っていた場合には効果が出にくい、といった弱点がある。

【0017】また、カラー撮像素子の各画素では入射する光束のうち所定の光学フィルターを透過した光のみを光電変換し、電気信号として出力するので、その光学フィルターを透過できなかった光は熱などとして捨てられることとなる。

【0018】図26は撮像素子上の光電変換領域901の配列である。この一つ一つには図27に示すように開口面積を拡大するためのマイクロレンズ902が設けられている。図28はマイクロレンズ902の斜視図である。このようにマイクロレンズ902は正のパワーを有

するレンズであって、レンズが受光した光束を撮像素子の光電変換領域901に収斂させる働きを持つ。

【0019】例えば、色再現性が良いとされる原色フィルター付きの画素をモザイク状に配置したCCD撮像素子では、R（赤色）G（緑色）B（青色）の光学フィルターがマイクロレンズ902と光電変換領域901の間に一つずつ配置される。

【0020】このとき、Rの光学フィルターを配した画素では赤色光のみが光電変換され青色光や緑色光は光学フィルターで吸収されて熱となる。Gの光学フィルターを配した画素では同様に青色光と赤色光が光電変換されずに熱となり、Bの光学フィルターを配した画素では同様に緑色光と赤色光が光電変換されずに熱となる。

【0021】図25は撮像素子内のRGBのカラーフィルターの分光透過率特性である。赤外線透過率が高いので、さらに650nm以上の波長を遮断する赤外線カットフィルターを重ねて用いられる。これより分かるように、1画素の中では可視光の内のおよそ1/3だけが有効に用いられる。

【0022】さらに詳しくRGBの色別利用率を考えれば、例えば図29に示すベイヤー配列のカラー撮像素子のRGB画素面積比率は、規則的配列を構成する1単位の面積を1としたとき、 $1/4 : 2/4 : 1/4$ であるので、全体の光量を1とした時の緑色光の利用割合は波長選択性の項と面積比率の項の積として $1/3 \times 2/4 = 1/6$ 、赤色光と青色光が $1/3 \times 1/4 = 1/12$ 、合計すれば $1/6 + 1/12 + 1/12 = 1/3$ で、やはり利用率1/3ということになる。逆に、全体の光量を1とした時に、そのうち緑色光で $2/3 \times 2/4 = 1/3$ が、赤色光や青色光で $2/3 \times 1/4 = 1/6$ が有効に利用されないことになる。

【0023】以上は、原色系のカラーフィルターを用いた撮像素子で説明を行ったが、補色フィルターを用いた撮像素子では、可視光のうちのおよそ1/3が光電変換されず、有効に利用されない。このように、原色系・補色系のいずれにしても従来型の単板式撮像素子ではカラーフィルターで撮像面を分割していることが起因して光利用率は悪い。

【0024】これに対して、特開平08-182006号公報はこのような光量の無駄を省いた撮像素子の構造を開示している。空間画素ごとにプリズムを配置し、プリズムによって色分解した物体光を3つのRGB色画素で受光するものである。しかしながら、空間画素に対して色画素は1/3程度の大きさしかなく、小さい画素ピッチのセンサを作ろうとすると、色画素には極めて微細な構造が必要であって、画素ピッチを小さくするには限界があるという大きな問題点を有する。

【0025】本発明は、このような従来の問題点に着眼してなされたもので、その第1の目的は、高価な光学ローパスフィルターを必要とせずに、モワレの少ない高品

位な画像を得る撮像素子を実現することである。

【0026】第2の目的は、入射光の利用効率を高めた撮像素子を実現することである。

【0027】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、複数の光電変換領域と、前記複数の光電変換領域に含まれる第1の光電変換領域に対応して設けられた光を透過する第1の透過部と、前記複数の光電変換領域に含まれる第2の光電変換領域に対応して設けられた光を透過する第2の透過部とを含む光調整領域を有し、前記光調整領域は、前記第2の透過部に入射する光の一部を前記第1の透過部へ入射するように構成されていることを特徴とする撮像装置を提供する。

【0028】また、複数の光電変換領域と、前記複数の光電変換領域に含まれる第1の光電変換領域に対応して設けられた主として第1の波長領域の光を透過する第1の透過部と、前記複数の光電変換領域に含まれる第2の光電変換領域に対応して設けられた主として前記第1の波長領域と異なる第2の波長領域の光を透過する第2の透過部と、前記第1及び第2の透過部よりも被写体側に設けられるとともに前記被写体側へ向かう光を反射させるための反射領域とを有し、前記第2の透過部は、前記第1の波長領域の光を反射する部材を有するとともに、中央領域から周辺領域へ傾斜を持った構成であることを特徴とする撮像装置を提供する。

【0029】

【発明の実施の形態】（第1の実施の形態）図1から図14は本発明による第1の実施の形態を説明するための図である。まず、図1は撮像素子の断面図、図2は撮像素子の拡大断面図であって、ベイヤー配列などのように異なる分光感度特性を持つG画素とR画素が交互に並んだ画素列に対して図の上方から物体光が入射し光電変換領域に達する様子を表している。なお、ベイヤー配列では、 2×2 のRGBGの画素列が1単位となっており、規則的に配列している。

【0030】図1、2において、101はシリコン基板、102は光電変換領域、103、105、107、110、112は低屈折率物質層、104、106、108はアルミニウムなどの金属配線層、109、111は高屈折率物質層である。低屈折率物質層を形成する物質としては屈折率1.45である酸化シリコン（ SiO_2 ）が、高屈折率物質層を形成する物質としては屈折率2.0である窒化シリコン（ Si_3N_4 ）が、何れも可視光の透過率が高く好適である。高屈折率物質層111は上面と下面を低屈折率物質層110と112で挟まれ、両側に凸の回転対称な面形状をしているので、正のパワーを有するマイクロレンズとして機能する。これは比較的小さい光電変換領域102に物体からの光を集め撮像素子の感度を高める役割をしている。

【0031】113Gは有機色素を用いたGカラーフィ

ルターであって、緑色光を透過し、赤色光と青色光は吸収する。隣接する113Rは同じくRカラーフィルターであって、赤色光を透過し、青色光と緑色光は吸収する。114と116は樹脂層である。カラーフィルター層と樹脂層は何れも1.50程度の屈折率を有する。

【0032】115Gは光分割を行う干渉フィルター層であって、緑色光を透過し、赤色光と青色光は反射する。隣接する115Rは同じく干渉フィルター層であって、赤色光を透過し、青色光と緑色光は反射する。これらの干渉フィルター層は、図14に示す如く各画素の中央部に頂点を持つ四角すいの斜面上に形成されている。

【0033】不図示の結像レンズがマイクロレンズであるところの高屈折率物質層111が並んだ面上に物体像を形成すると、撮像素子の出力としてビントが合った画像となる。

【0034】なお、理解を容易にするために、画素の大きさに対して十分に遠い位置にある結像レンズの瞳中心から出た光線117のみを描いてある。瞳の周辺から出た光線は光線117に対して角度を持って撮像素子に入射する。そうするとそれらの光線は光電変換領域102内の周辺部に達し、そこで光電変換されることになる。

【0035】さて、図2を用いて、光線の波長毎の挙動について説明する。緑色光を受光する画素120へは不図示の赤外線カットフィルターを通過した物体光118が図の上方から来て、まず、樹脂層116に入射する。次に干渉フィルター層115Gに入射し、ここでは緑色成分のみが干渉フィルター層115Gを透過することができて、樹脂層114からGカラーフィルター113Gに至る。干渉フィルター層115Gで反射した青色成分と緑色成分は隣接する画素へ導かれるのであるが、この挙動は隣接する画素121から画素120に入ってくる光線と同様であるので、画素121の説明で代用することとする。

【0036】Gカラーフィルター113Gでは、そこに達したのが干渉フィルター層115Gを透過できた光であるので、そのほとんどが透過し、次の低屈折率物質層112を経てマイクロレンズである高屈折率物質層111に達する。ここでは収斂作用を受けて、低屈折率物質層110へ射出し、さらに高屈折率物質層109を通過して光電変換領域102に入射する。光電変換領域102からの出力は、緑色光成分として後述する信号処理回路に入力される。

【0037】隣接する画素121は、赤色光を受光する画素である。画素121へは不図示の赤外線カットフィルターを通過した物体光119が図の上方から来て、まず、樹脂層116に入射する。次に干渉フィルター層115Rに入射し、ここでは赤色成分のみが干渉フィルター層115Rを透過することができて、樹脂層114からRカラーフィルター113Rに至る。この後の赤色光の挙動は先に説明した画素120での緑色光と同じであ

る。

【0038】干渉フィルター層115Rで反射した青色光と緑色光は樹脂層116と空気との界面に向かって進み、干渉フィルター層115Rに設定されていた傾斜の作用で、界面への入射角が臨界角以下となるため今度は全反射する。全反射で撮像素子の内部の方向に戻された青色光と緑色光は、干渉フィルター層115Gに入射する。干渉フィルター層115Gはもともと緑色光を受光する画素120に設けられたフィルターであるので、このうちの緑色光成分は透過し、青色光成分は反射する。反射した青色光は撮像素子の外部へと逃げていくので、ここでは図示していない。

【0039】上記のように、干渉フィルター層115R、115Gと樹脂層116とを含む光調整領域では、干渉フィルター層115Rに入射した緑色光は、干渉フィルター層115Gへ入射し、そして透過するように構成されている。

【0040】干渉フィルター層115Gを透過した緑色光成分は、樹脂層114を経てGカラーフィルター113Gに至る。Gカラーフィルター113Gでは、そこに達したのが干渉フィルター層115Gを透過できた光であるので、そのほとんどは透過でき、次の低屈折率物質層112を経て多くはマイクロレンズである高屈折率物質層111に達する。

【0041】高屈折率物質層111内で光線は斜めに進み、低屈折率物質層110への射出と前後して金属配線層108の側面で反射する。また、高屈折率物質層111へ入射するよりも前に金属配線層108の側面で反射する光線もある。

【0042】隣接する画素121から来た光線の角度が倒れているので、高屈折率物質層109を通過して直接的に光電変換領域102に入射することはできず、必ず金属配線層106、104の側面か高屈折率物質層109と低屈折率物質層107、105、103の界面で全反射しながら光電変換領域102に達する。

【0043】光電変換領域102では物体光118の緑色成分と一緒に光電変換されて、画素120の出力として信号処理回路に入力される。

【0044】ここでは、画素120と画素121との関係に於いて説明を行ったが、ベイヤー配列のように隣接する画素が同色でない場合であれば、どの画素についても不要な波長成分を隣接する画素に分割することで、隣接する画素で有効な波長成分として光電変換することができ、光の利用効率を大幅に向上することが可能である。

【0045】RGBの色別に利用効率を考えれば、ベイヤー配列のカラー撮像素子のRGB画素面積比率が、規則的配列を構成する1単位の面積を1としたとき、 $1/4 \times 2 : 2/4 \times 2 : 1/4 \times 2$ に増加したのと等価である。したがって、全体の光量を1とした時の緑色光の

利用割合は波長選択性の項と面積比率の項の積として $1/3 \times 4/4 = 1/3$ 、赤色光と青色光が $1/3 \times 2/4 = 1/6$ 、合計すれば $1/3 + 1/6 + 1/6 = 2/3$ で、利用効率は従来の2倍の $2/3$ ということになる。したがって、撮像素子の感度を2倍に上げることができた。

【0046】また、本実施の形態による撮像素子では、実質的な受光開口が各画素よりも大きくなる。分かりやすくするために、RGBの色毎に先に図29に示したベイヤー配列の従来の撮像素子と比較すると、まず、従来のG画素の開口は図3に示すようにマイクロレンズ902の大きさであったが、本実施の形態による撮像素子では図4に示す如く各画素よりも大きい。図において、130はマイクロレンズ、131が隣接する画素から緑色光成分を分けてもらうことを含めた実質的な受光開口である。同様にB画素では、開口は図5に示す大きさであったが、本実施の形態による撮像素子では、図6に示す如く大きくなる。図において、132はマイクロレンズ、133が隣接する画素から青色光成分を分けてもらうことを含めた実効的な受光開口である。R画素はB画素と同等である。したがって、図4と図6を重ねて全ての画素について考えると、実効的に互いにオーバーラップした受光開口を有することがわかる。

【0047】このように実質的な受光開口が各画素よりも大きくなると、通常の単板式の撮像装置では考えられなかったMTF特性を得ることができる。この結果、光学ローパスフィルターを省略しても画像の品位を損なわない。すなわち、前述した物体像の空間周波数特性の高周波成分を抑制するように調節する第2のプロセスを省き、物体像を光電変換する第3のプロセスだけで、折り返し歪みが目立たない良質な画像を得ることが可能である。

【0048】図7から図13はその説明図である。

【0049】まず、図7は本実施の形態による撮像素子の画素120についての水平方向の空間周波数成分に対するMTF特性である。また、図8は通常型の矩形開口を有する画素のMTF特性である。何れも1画素の大きさを $\square 3 \mu\text{m}$ とし、マイクロレンズは1画素分の大きさを有しているとした。さらに、本実施の形態の画素については隣接画素の中央部にまで伸びた開口を有するものとしてある。

【0050】図8に示した従来型の矩形開口画素のレスポンスについては簡単に式(2)のようなSINC関数で表すことができる。

【0051】

【外1】

$$R_s(u) = \left| \frac{\sin(\pi \cdot d \cdot u)}{(\pi \cdot d \cdot u)} \right| \quad \dots (2)$$

【0052】 $R_s(u)$: レスポンス

d : 撮像素子の受光開口の幅

式(2)の最初のゼロ点(カットオフ周波数)は、 $u = 1/d$ の位置である。すなわち、受光開口の幅に一致した波長においてレスポンスがゼロになる。受光開口が隙間なく敷き詰められた撮像素子においては、受光開口の幅が画素ピッチと一致するので、ナイキスト周波数 $u = 1/2d$ における式(2)のレスポンス値は0.636であってかなり高い。したがって、従来の矩形開口画素には図9に示したMTF特性の光学ローパスフィルターを併せて使用する必要がある。

【0053】これに対して、本実施の形態による画素120は図4に示したような菱形様の開口に起因して、高周波側までレスポンスが伸びる。これは式(2)でMTF特性を表せる無限に細い短冊状の矩形開口が集まったと考えれば良い。全体を積分した結果は図7のようになって、画素ピッチを $3 \mu\text{m}$ としたときのナイキスト周波数167本/mmにおいては画素120の方がかなり低いレスポンスを有していることが分かる。

【0054】次に、図10はFナンバーを4.0、物体像の波長を550nmと仮定したときの無収差レンズのMTF特性である。幾何光学的に収差がない理想レンズでは、そのMTFは光の回折によって決定される。回折限界MTFはFナンバーによって決まり、式(3)で表される。

【0055】

【外2】

$$R_o = \frac{2 \times (\beta - \cos \beta \times \sin \beta)}{\pi} \quad \dots (3)$$

【0056】 $\beta = \cos^{-1}(u \cdot F \cdot \lambda)$

u : 光学像の空間周波数

F : 光学系のFナンバー

λ : 光学像の波長

この結像レンズのカットオフ周波数は455本/mmである。

【0057】さて、これで物体像を光学装置によって形成する第1のプロセス、(物体像の空間周波数特性の高周波成分を抑制するように調節する第2のプロセス、)空間周波数特性が調節された物体像を光電変換する第3のプロセスの総合MTFを知る材料が揃った。

【0058】図11は画素120を用いたときの結像レンズと撮像素子の画素の総合MTFである。一方、図12は従来の画素を用いたときの結像レンズと光学ローパスフィルターと撮像素子の画素の総合MTFである。両者はナイキスト周波数167本/mmにおいてはほぼ同等のレスポンスを有し、全体としてよく似た特性となっている。一方、従来の画素で光学ローパスフィルターを用いないと図13のようにナイキスト周波数でのレスポンスが高くなりすぎてしまう。このように、画素120を用いれば、光学ローパスフィルターを省略できることが分かる。

【0059】(第2の実施の形態)図15および図16

は本発明による第2の実施の形態を説明するための図であって、図15は画素の配列とマイクロレンズの形状を表す平面図、図16は各画素の実効受光開口を表す平面図である。

【0060】これらの図において201はマイクロレンズ、202は実効的な受光開口である。画素の配列はベイヤー配列を45度回転させたものとなっている。したがって、2×2のRGB画素列が1単位である。特開2000-184386号公報に開示されているように、このような配列の撮像素子は画素数の増加を抑えながら、より高解像度の画像を得るのに好適である。

【0061】図15に示すとおり、マイクロレンズ201で構成される画素開口のそれぞれは45度方向に傾いた4辺を有する正方形であって、隣接する画素と接しながら密に並んでいる。この撮像素子も、第1の実施の形態と同様に図2に示す構造を有する。なお、この場合は、図2に表れる断面は図15の画素を斜め45度方向に切ったときの物となる。

【0062】こういった撮像素子の実効的な受光開口202は図4や図6を45度傾けたものと同等であって、今度は垂直・水平方向の4辺を有する正方形となる。したがって、水平方向の空間周波数成分に対するMTF特性を調べるには式(2)がそのまま適用でき、その特性は図17のようになる。SINC関数の性質のとおり、山型のレスポンスカーブが、高周波になるにしたがって低くなりながら連なる。最初のゼロ点は水平方向の画素ピッチで決まるナイキスト周波数の近くに位置する。

【0063】さらに、図10に示したFナンバーを4.0、物体像の波長を550nmと仮定したときの無収差レンズのMTF特性を乗じれば、図18に示すように結像レンズと撮像素子の画素の総合MTFが得られる。

【0064】先に図12に示した従来の画素を用いたときの結像レンズと光学ローパスフィルターと撮像素子の画素の総合MTFと比べると、両者はナイキスト周波数167本/mmにおいてほぼ同等のレスポンスを有し、全体としてよく似た特性となっている。このように、光学ローパスフィルターを省略できることが分かる。

【0065】(第3の実施の形態)図19から図21は本発明による第3の実施の形態を説明するための図であって、図19はRGBストライプフィルターを有する撮像素子の平面図、図20は干渉フィルター層の斜視図、図21は各画素の実効受光開口を表す平面図である。

【0066】RGBストライプフィルターを有する撮像素子はRフィルターを有する縦方向画素列、Gフィルターを有する縦方向画素列、およびBフィルターを有する縦方向画素列を横方向に繰り返し有する物である。つまり、1×3のRGBの画素が規則的配列を構成する1単位であって、隣接する4つの画素のうち上下方向は同一フィルターの画素、左右方向は異なるフィルターの画素となる。

【0067】このような構造においても、第1の実施の形態に示した画素構造は画素のMTFを調節する意味で有効ではあるが、光の利用効率を高める意味では隣接する異なるフィルターの画素間で光電変換されなかった光を交換するように構造を最適化すると良い。

【0068】図20に示す302がこのための干渉フィルター層であり、光分割を行う。ここで、干渉フィルター以外の構成については、第1の実施の形態と同じである。

【0069】複数ストライプ状の屋根型斜面を持つ干渉フィルターが並んでおり、稜線を挟んだ二つの斜面の干渉フィルターは同種のものである。さらに、Rフィルターを有する縦方向画素列用には、赤色光を透過し青色光と緑色光を反射するフィルターが、Gフィルターを有する縦方向画素列用には、緑色光を透過し青色光と赤色光を反射するフィルターが、Bフィルターを有する縦方向画素列用には、青色光を透過し緑色光と赤色光を反射するフィルターがそれぞれ設けられている。

【0070】RGB画素の並び方向での断面で見ると干渉フィルター層302の作用は、第1の実施の形態中の図2に示した撮像素子と同様である。ただし、第1の実施の形態では四角すい型の干渉フィルターの作用で紙面手前と奥方向にも光を分割していたが、本実施例では図2の紙面方向だけに光を分割する。これは異なるフィルターを有した隣接画素の方向ということである。

【0071】この結果、実効的な受光開口は図21に示すようになる。分かりやすくするために、一列置きに画素列を抜き出して示した。図21において303が実効受光開口である。異なるフィルターを有する画素間で、互いに光電変換されなかった光を交換するので、各画素の開口は図のように横に伸びて隣接する画素にオーバーラップする。

【0072】したがって、この場合も光の利用効率が2倍に向上し、2倍の感度アップが図れる。

【0073】(第4の実施の形態)図22は本発明による第4の実施の形態を説明するための図であって、撮像素子の拡大断面図である。ベイヤー配列などのようにG画素とR画素が交互に並んだ画素列に対して図の上方から物体光が入射し光電変換領域に達する様子を表している。

【0074】図22において、401はシリコン基板、402は光電変換領域、403、405、410、422G、422Rは低屈折率物質層、404、406はアルミニウムなどの金属配線層、411、422G、422Rは高屈折率物質層である。低屈折率物質層を形成する物質としては屈折率1.45である酸化シリコン(SiO₂)が、高屈折率物質層を形成する物質としては屈折率2.0である窒化シリコン(Si₃N₄)が、何れも可視光の透過率が高く好適である。高屈折率物質層411は上面を空気、下面を低屈折物質層410で挟まれ、光

線入射側に平、光線射出側に凸の軸対称な面形状をしているので、正のパワーを有するマイクロレンズとして機能する。これは比較的小さい光電変換領域402に物体からの光を集め撮像素子の感度を高める役割をしている。図示してはいないが高屈折率物質層411の光入射面には反射防止膜をつけると良い。

【0075】また、430Gと430Rは光分割を行う干渉フィルター層である。干渉フィルター層430Gは、緑色光を透過し、赤色光と青色光を反射する。隣接する画素の430Rは、赤色光を透過し、青色光と緑色光を反射する特性を有する。これらは、図14に示した第1の実施の形態での干渉フィルターと同様に各画素の中央部に頂点を持つ四角すいの斜面上に形成されている。

【0076】なお、理解を容易にするために、画素の大きさに対して十分に遠い位置にある結像レンズの瞳中心から出た光線418、419のみを描いてある。瞳の周辺から出た光線は光線418、419に対して角度を持って撮像素子に入射する。そうするとそれらの光線は光電変換領域402内の周辺部に達し、そこで光電変換されることになる。

【0077】さて次に、光線の波長毎の挙動について説明する。緑色光を受光する画素420へは不図示の赤外線カットフィルターを通過した物体光418が図22の上方から来て、まず、マイクロレンズである高屈折率物質層411に入射する。ここでは収斂作用を受けて、低屈折率物質層410へ射出し、干渉フィルター層430Gに入射する。さらに緑色成分のみが干渉フィルター層430Gを透過することができて、高屈折率物質層422Gに至る。

【0078】干渉フィルター層430Gで反射した青色成分と緑色成分は隣接する画素へ導かれるのであるが、この挙動は隣接する画素421から画素420に入ってくる光線と同様であるので、画素421の説明で代用することとする。

【0079】Gカラーフィルター422Gでは、そこに達したのが干渉フィルター層430Gを透過できた光であるので、そのほとんどが透過し、光電変換領域102に入射する。

【0080】光電変換領域402からの出力は、緑色光成分として信号処理回路に入力される。

【0081】隣接する画素421は、赤色光を受光する画素である。画素421へは不図示の赤外線カットフィルターを通過した物体光419が図の上方から来て、まず、マイクロレンズである高屈折率物質層411に入射する。ここでは収斂作用を受けて、低屈折率物質層410へ射出し、干渉フィルター層430Rに入射する。赤色成分のみが干渉フィルター層430Rを透過することができて、この後の赤色光の挙動は先に説明した画素420での緑色光と同じである。

【0082】干渉フィルター層430Rで反射した青色成分と緑色成分は隣接する画素の高屈折率物質層411に向かって進み、干渉フィルター層430Rに設定されていた傾斜の作用で、空気との界面への入射角が臨界角以下となるため今度は全反射する。全反射で撮像素子の内部の方向に戻された青色光と緑色光は、干渉フィルター430Gに入射する。干渉フィルター430Gはもとも緑色光を受光する画素420に設けられたフィルターであるので、このうちの緑色光成分は透過し、青色光成分は反射する。反射した青色光は撮像素子の外部へと逃げていくので、ここでは図示していない。

【0083】上記のように、干渉フィルター層430R、430Gと高屈折物質層116とを含む光調整領域では、干渉フィルター層115Rに入射した緑色光は、干渉フィルター115Gへ入射し、そして透過するように構成されている。

【0084】干渉フィルター430Gを透過した緑色光成分は、干渉フィルター層430Gへの入射と前後して金属配線層406の側面で反射し、高屈折率物質層422Gを経て光電変換領域402に達する。つまり、隣接する画素421から来た光線の角度が倒れているので、高屈折率物質層411から直接的に光電変換領域402に入射することはできず、金属配線層406、404の側面か高屈折率物質層422Gと低屈折率物質層405、403の界面で全反射しながら光電変換領域402に達する。

【0085】光電変換領域402では物体光418の緑色成分と一緒に光電変換されて、画素420の出力として信号処理回路に入力される。

【0086】ここでは、画素420と画素421との関係に於いて説明を行ったが、ベイヤー配列のように隣接する画素が同色でない場合であれば、どの画素についても不要な波長成分を隣接する画素に分割することで、隣接する画素で有効な波長成分として光電変換することができ、光の利用効率を2倍に向上することが可能である。したがって、撮像素子の感度を2倍に上げることができた。

【0087】(第5の実施の形態)図23は本発明による第5の実施の形態を説明するための撮像素子の拡大断面図であって、第4の実施の形態の干渉フィルターをマイクロレンズの曲面に沿って配置した変形例である。

【0088】図23において、501はシリコン基板、502は光電変換領域、503、505、510、522G、522Rは低屈折物質層、504、506はアルミニウムなどの金属配線層、511、522G、522Rは高屈折率物質層、530G、530Rはカラーフィルター層である。高屈折率物質層511は上面を空気、下面を低屈折物質層410で挟まれ、光線入射側に平、光線射出側に凸の面形状をしているので、正のパワーを有するマイクロレンズとして機能する。これは比較的小

さい光電変換領域502に物体からの光を集め撮像素子の感度を高める役割をしている。図示していないが高屈折率物質層511の光入射面には反射防止膜をつけると良い。

【0089】また、509Gと509Rは光分割を行う干渉フィルター層である。干渉フィルター層509Gは、緑色光を透過し、赤色光と青色光を反射する。隣接する画素の509Rは、赤色光を透過し、青色光と緑色光を反射する特性を有する。これらは、高屈折率物質層511の曲面に沿って形成されている。

【0090】なお、理解を容易にするために、画素の大きさに対して十分に遠い位置にある結像レンズの瞳中心から出た光線518、519のみを描いてある。瞳の周辺から出た光線は光線518、519に対して角度を持って撮像素子に入射し、そうするとそれらの光線は光電変換領域502内の周辺部に達し、そこで光電変換されることになる。

【0091】さて次に、光線の波長毎の挙動について説明する。緑色光を受光する画素520へは不図示の赤外線カットフィルターを通過した物体光518が図の上方から来て、まず、マイクロレンズである高屈折率物質層511に入射する。ここでは収斂作用を受けて、干渉フィルター層530Gを経て、低屈折率物質層510へ射出する。フィルター層530Gでは緑色成分のみが透過することができて、光電変換領域502に至る。

【0092】干渉フィルター層530Gで反射した青色成分と緑色成分は隣接する画素へ導かれるのであるが、この挙動は隣接する画素521から画素520に入ってくる光線と同様であるので、画素521の説明で代用することとする。

【0093】光電変換領域502からの出力は、緑色光成分として信号処理回路に入力される。

【0094】隣接する画素521は、赤色光を受光する画素である。画素521へは不図示の赤外線カットフィルターを通過した物体光519が図の上方から来て、まず、マイクロレンズである高屈折率物質層511に入射する。ここでは収斂作用を受けて、干渉フィルター層530Rを経て、低屈折率物質層510へ射出する。ここでは赤色成分のみが干渉フィルター層530Rを透過することができて、この後の赤色光の挙動は先に説明した画素520での緑色光と同じである。

【0095】干渉フィルター層530Rで反射した青色成分と緑色成分は隣接する画素の高屈折率物質層511に向かって進み、干渉フィルター層530Rの曲率の作用で、空気との界面への入射角が臨界角以下となるため今度は全反射する。全反射で撮像素子の内部の方向に戻された青色光と緑色光は、干渉フィルター530Gに入射する。干渉フィルター530Gはもともと緑色光を受光する画素520に設けられたフィルターであるので、このうちの緑色光成分は透過し、青色光成分は反射す

る。反射した青色光は撮像素子の外部へと逃げていくので、ここでは図示していない。

【0096】上記のように、干渉フィルター層509R、509Gと高屈折物質層511とを含む光調整領域では、干渉フィルター層509Rに入射した緑色光は、干渉フィルター509Gへ入射し、そして透過するように構成されている。

【0097】干渉フィルター530Gを透過した緑色光成分は、干渉フィルター層530Gへの入射と前後して金属配線層506の側面で反射し、カラーフィルター層530Gを経て光電変換領域502に達する。光電変換領域502では物体光518の緑色成分と一緒に光電変換されて、画素520の出力として信号処理回路に入力される。

【0098】このように、隣接する画素で有効な波長成分として光電変換することができ、光の利用効率を向上させることが可能である。

【0099】上記で説明した第1から5の実施の形態の干渉フィルター層115R、G、302、430R、G、509R、Gは、以下のような構成をしている。

【0100】色分解のために干渉フィルター層を撮像素子内に組み込んだ例は、特公昭63-269567号公報や特開平09-219505号公報に示されており、誘電体としての高屈折物質として窒化シリコン(Si₃N₄)を、低屈折率物質として酸化シリコン(SiO₂)を交互に積層してなる。高屈折物質として酸化タンタルや酸化ジルコニウムを、低屈折率物質としてフッ化マグネシウムなどを用いることも出来る。

【0101】ここでは、高屈折物質として窒化シリコン(Si₃N₄)を、低屈折率物質として酸化シリコン(SiO₂)を用い、 $\lambda_0/4$ を基本光学厚として(λ_0 は基準波長)、11層を積層し、所定の基準波長で約90%の反射率を得ている。基準波長はR画素では620nm、G画素では550nm、B画素では460nmである。窒化シリコン(Si₃N₄)と酸化シリコンの形成はCVD(chemical vapor deposition)か、電子ビーム蒸着などの方法で行えば良い。

【0102】次に、上記で説明した第1から5の実施の形態のカラーフィルター113R、G、422R、G、530R、Gは、以下のような構成をしている。

【0103】カラーフィルターにはRGB光の中間の波長を遮断する希土類の金属イオンを拡散させてある。これは干渉フィルター層への光線の入射角度の変化によって、分割する波長域がシフトするためである。したがって、カラーフィルターを経て光電変換領域に達する波長域は干渉フィルターの透過波長域よりも若干狭い透過波長域となる。

【0104】希土類の金属イオンとしては、ネオジムイオン、プラセオジムイオン、エルビウムイオン、ホルミウムイオン等の1種または2種以上が挙げられるが、少

なくとも、ネオジムイオンを必須イオンとして使用するのが好ましい。なお、これらのイオンとしては、通常3価のイオンが使用される。

【0105】また、干渉フィルター層をフォトニック結晶層とし、カラフィルターと同様の特性をもたせることも出来る。この場合にはPBG（フォトニックバンドギャップ）現象が生じるようにフォトニックバンドギャップ構造とすれば、光の入射角度に依存して透過帯域がシフトすることがない。フォトニック結晶の製造には特開平10-175960号公報に開示されている技術が応用できる。この場合には、カラーフィルタにはRGB光の中間の波長を遮断する希土類の金属イオンを拡散させる必要もなくなる。

【0106】なお、以上の説明においては光分割の方法として反射を用いたが、屈折を用いても良い。近年、フォトニック結晶における波長分散性を利用して、屈折角が光の波長に対して極めて敏感に変化する「スーパブリズム効果」が報告されている（H. Kosaka et al., "Superprism phenomenon in photonic crystals", Physical Review B, vol. 58, no. 16, p. R10096, 1998）。屈折率の異なる材料を周期的に配列したフォトニック結晶の内部から外部へ、あるいは逆方向へ光のビームあるいは波束が境界と交叉する時の折れ曲がり角が著しい波長依存性を持つ効果をスーパブリズム効果と呼び、これを利用すれば特定の波長成分を隣接する画素の方向に偏向することが可能である。なお、半導体フォトニック結晶の製造には特開2000-232258号公報に開示されている方法を用いることが出来る。

【0107】ここで、第1から5の実施の形態において、画質の品質が上記の場合と比べると劣るが、カラーフィルタを設けない構成であってもよい。

【0108】また、第1から5の実施の形態の撮像素子は、CCD型の撮像素子であってもよいし、CMOSイメージセンサ等のXYアドレス型の撮像素子であってもよい。

【0109】（第6の実施の形態）図24に基づいて、第1から5の実施の形態のいずれかの撮像素子を撮像装置（スチルカメラ）に適用した場合の一実施例について詳述する。

【0110】図24において、1はレンズのプロテクトとメインスイッチを兼ねるバリア、2は被写体の光学像を撮像素子4に結像させるレンズ、3はレンズ2を通った光量を可変するための絞り、4はレンズ2で結像された被写体を画像信号として取り込むための撮像素子、6は撮像素子4より出力される画像信号のアナログディジタル変換を行うA/D変換器、7はA/D変換器6より出力された画像データに各種の補正を行ったりデータを圧縮する信号処理回路、8は撮像素子4、撮像素子処

理回路5、A/D変換器6、信号処理回路7に、各種タイミング信号を出力するタイミング発生部、9は各種演算とスチルビデオカメラ全体を制御する全体制御・演算部、10は画像データを一時的に記憶する為のメモリ部、11は記録媒体に記録または読み出しを行うためのインターフェース部、12は画像データの記録または読み出しを行う為の半導体メモリ等の着脱可能な記録媒体、13は外部コンピュータ等と通信する為のインターフェース部である。

10 【0111】次に、前述の構成における撮影時の撮像装置の動作について説明する。

【0112】バリア1がオープンされるとメイン電源がオンされ、次にコントロール系の電源がオンし、更にA/D変換器6などの撮像系回路の電源がオンされる。

【0113】それから、露光量を制御する為に、全体制御・演算部9は絞り3を開放にし、固体撮像素子4から出力された信号はA/D変換器6で変換された後、信号処理部7に入力される。

20 【0114】そのデータを基に露出の演算を全体制御・演算部9で行う。

【0115】この測光を行った結果により明るさを判断し、その結果に応じて全体制御・演算部9は絞りを制御する。

【0116】次に、撮像素子4から出力された信号をもとに、高周波成分を取り出し被写体までの距離の演算を全体制御・演算部9で行う。その後、レンズを駆動して合焦か否かを判断し、合焦していないと判断した時は、再びレンズを駆動し測距を行う。

30 【0117】そして、合焦が確認された後に本露光が始まる。

【0118】露光が終了すると、撮像素子4から出力された画像信号はA/D変換器6でA/D変換され、信号処理回路7を通り全体制御・演算部9によりメモリ部に書き込まれる。

【0119】その後、メモリ部10に蓄積されたデータは、全体制御・演算部9の制御により記録媒体制御I/F部を通り半導体メモリ等の着脱可能な記録媒体12に記録される。

40 【0120】また、外部I/F部13を通り直接コンピュータ等に入力して画像の加工を行ってもよい。

【0121】以上説明したように、複数の画素を規則的に配列してなる撮像素子において、該規則的配列を構成する1単位のうちの少なくとも二つの画素は、実効的に互いにオーバーラップした受光開口を形成するための光分割手段をそれぞれ有する用に構成したので、高価な光学ローパスフィルターを必要とせず、モジュールの少ない高品位な画像を得る撮像素子を実現することができた。

50 【0122】また、前記撮像素子は、異なる分光感度特性を有した複数の画素を規則的に配列したことで、入射光の利用効率を高め、撮像素子の感度を上げることがで

きた。この結果、より暗い物体を容易に撮像することが出来るようになった。

【0123】この撮像素子をデジタルカメラなどに応用した時には、速いシャッタースピードを選択することが出来るので、手ぶれによる撮影の失敗を減ずることが出来た。

【0124】

【発明の効果】本発明によれば、低価格で高品位な画像を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】撮像素子の断面図である。

【図2】撮像素子の断面図である。

【図3】従来のG画素の開口を示す平面図である。

【図4】撮像素子における、G画素の開口を示す平面図である。

【図5】従来のB画素の開口を示す平面図である。

【図6】撮像素子における、B画素の開口を示す平面図である。

【図7】画素120についての水平方向の空間周波数成分に対するMTF特性である。

【図8】矩形開口画素のMTFである。

【図9】光学ローパスフィルターのMTFである。

【図10】Fナンバーを4.0、物体像の波長を550nmと仮定したときの無収差レンズのMTF特性である。

【図11】画素120を用いたときの結像レンズと撮像素子の画素の総合MTFである。

【図12】従来の画素を用いたときの結像レンズと光学ローパスフィルターと撮像素子の画素の総合MTFである。

【図13】従来の画素で光学ローパスフィルターを用い*

くないときの総合MTFである。

【図14】干渉フィルター層の斜視図である。

【図15】画素の配列とマイクロレンズの形状を表す平面図である。

【図16】各画素の実効受光開口を表す平面図である。

【図17】水平方向の空間周波数成分に対する受光開口のMTF特性である。

【図18】結像レンズと撮像素子の画素の総合MTFである。

10 【図19】RGBストライプフィルターを有する撮像素子の平面図である。

【図20】干渉フィルター層の斜視図である。

【図21】画素の実効受光開口を表す平面図である。

【図22】撮像素子の断面図である。

【図23】撮像素子の断面図である。

【図24】撮像装置を表す図である。

【図25】RGBのカラーフィルターの分光透過率特性である。

20 【図26】撮像素子上の光電変換領域の配列を示す平面図である。

【図27】撮像素子上のマイクロレンズの配列を示す平面図である。

【図28】マイクロレンズ902の斜視図である。

【図29】ベイヤー配列のカラー撮像素子の平面図である。

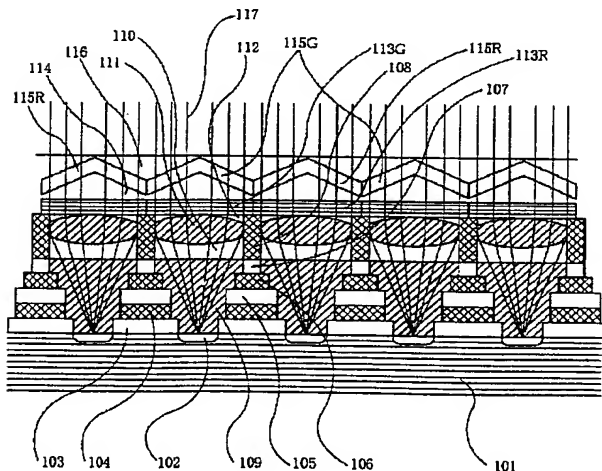
【符号の説明】

115R、G、302、430R、G、509R、G
干渉フィルター層

113R、G、422R、G、530R、G カラーフ
ィルタ

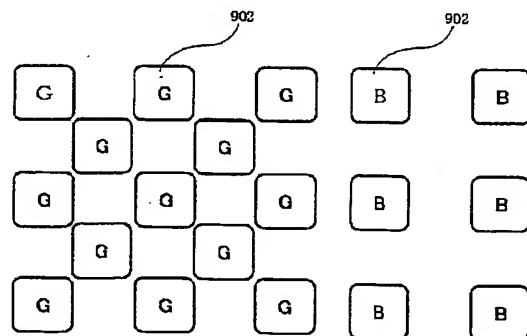
30 102、402、502 光電変換領域

【図1】

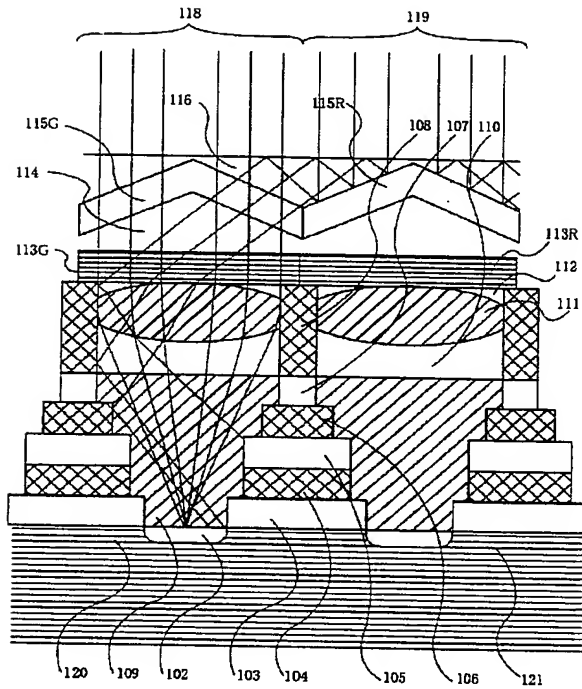


【図3】

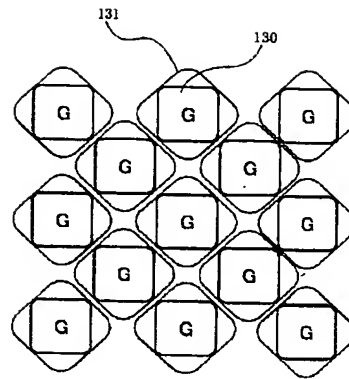
【図5】



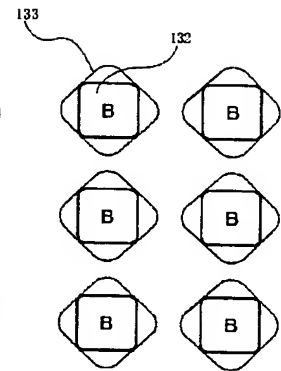
【図2】



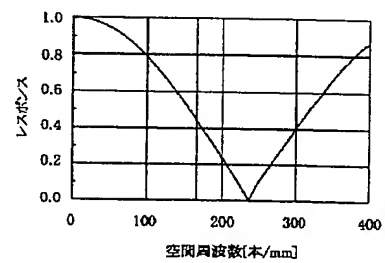
【図4】



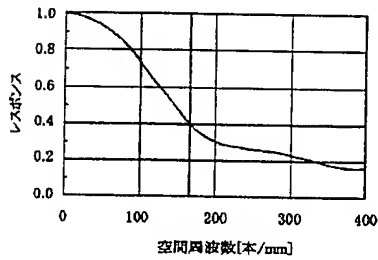
【図6】



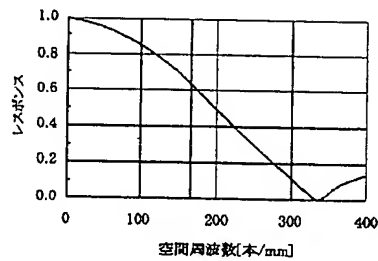
【図9】



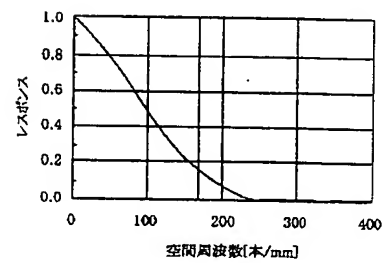
【図7】



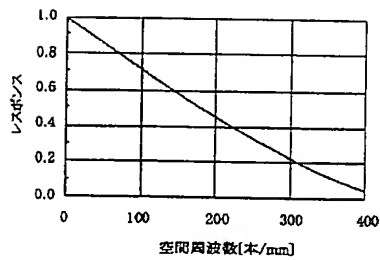
【図8】



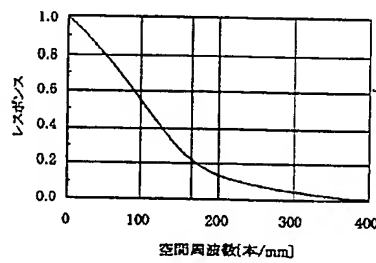
【図12】



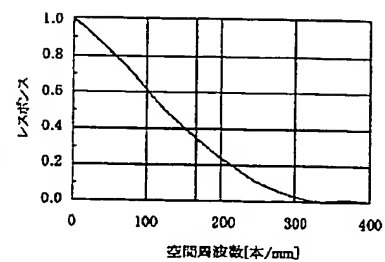
【図10】



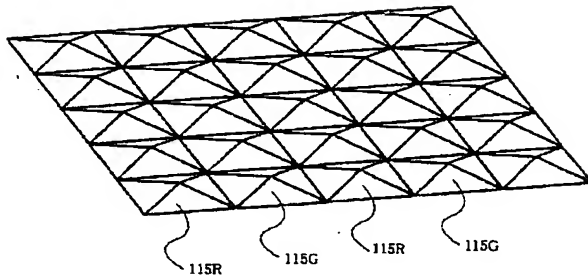
【図11】



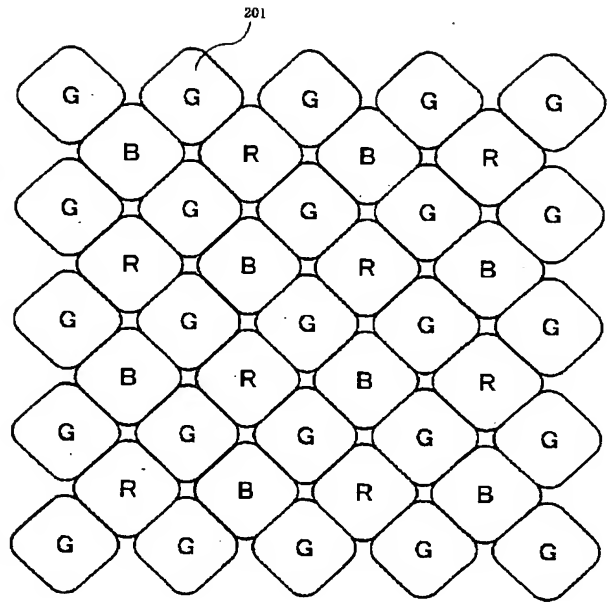
【図13】



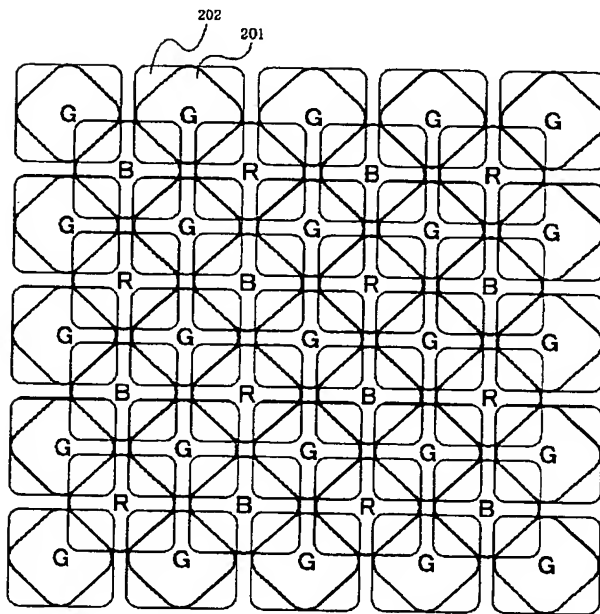
【図14】



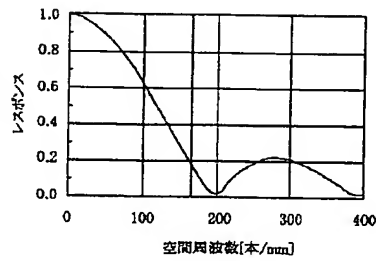
【図15】



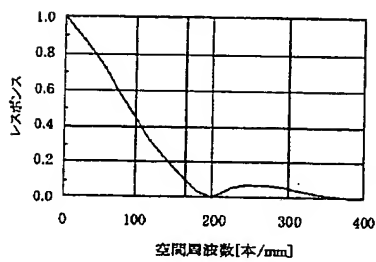
【図16】



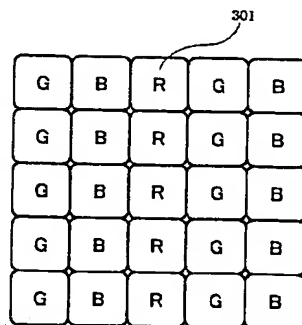
【図17】



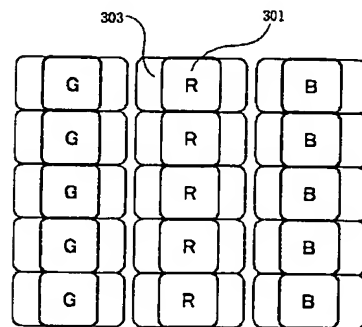
【図18】



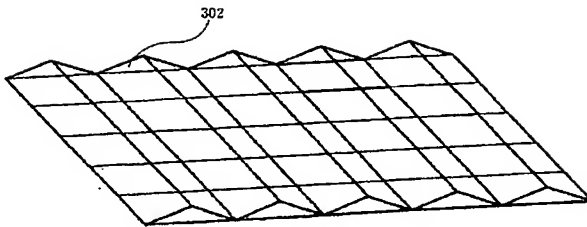
【図19】



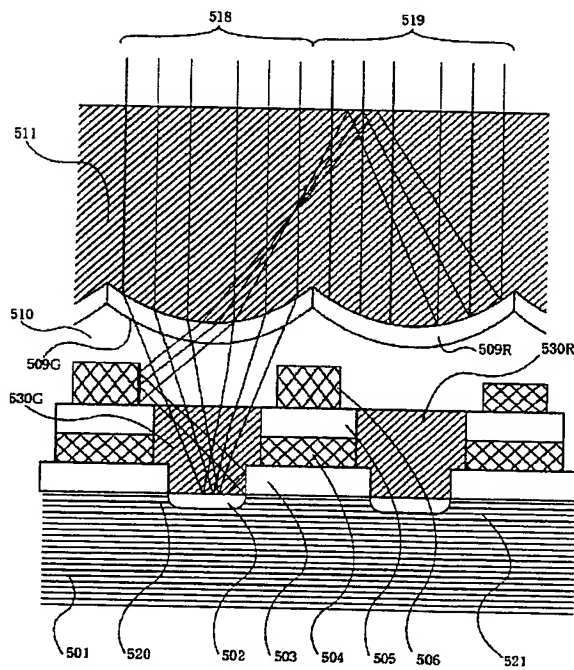
【図21】



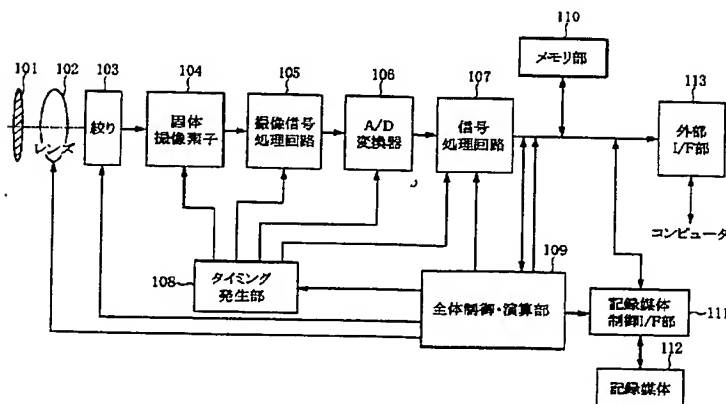
【図20】



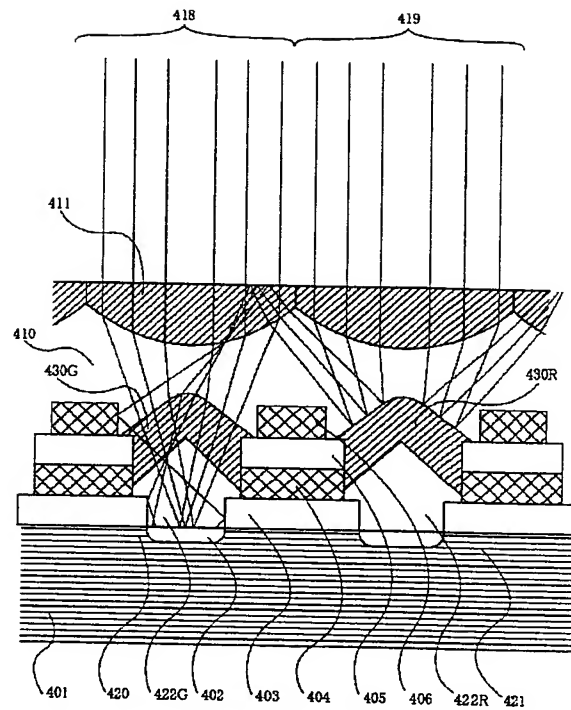
【図23】



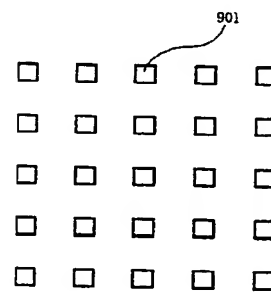
【図24】



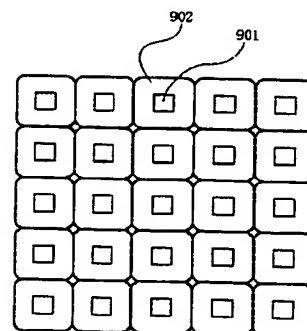
【図22】



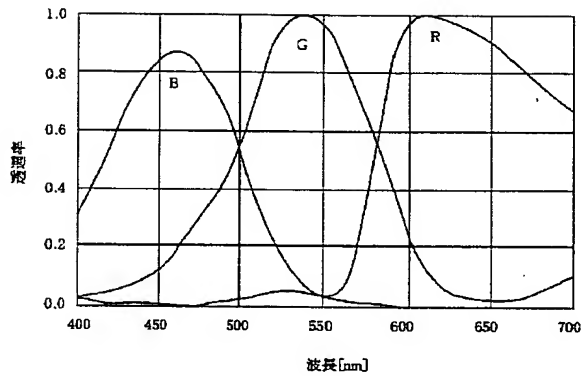
【図26】



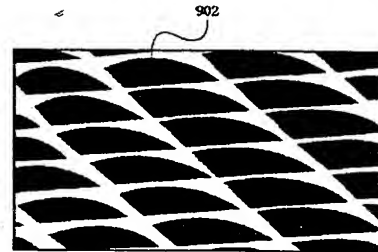
【図27】



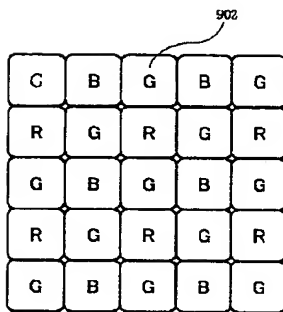
【図25】



【図28】



【図29】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4M118 AB01 BA06 CA02 GC07 GC14
 GD04 GD07
 5C024 CX37 CX41 EX43 EX52 GX02
 GZ36 HX23 HX57
 5C065 AA01 BB13 BB30 CC01 DD01
 EE03 EE11 GG18 GG26

THIS PAGE LEFT BLANK